

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-111493

(43)Date of publication of application : 20.04.2001

(51)Int.Cl. H04B 10/152
 H04B 10/142
 H04B 10/04
 H04B 10/06
 H01S 5/062
 H04B 10/02
 H04B 10/18

(21)Application number : 11-282553

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 04.10.1999

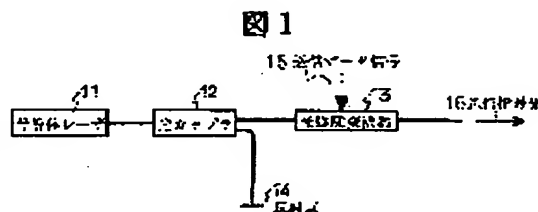
(72)Inventor : INOUE YASUSHI

(54) OPTICAL TRANSMITTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a signal level fluctuation suppressing effect as in a conventional example without providing an optical phase modulating means.

SOLUTION: An optical transmitter is provided with a semi-conductor laser having a high relaxation vibration frequency in such a degree that a signal transmission characteristic is not deteriorated even when a coherence decay phenomenon occurs due to a reflection return light, a light re-injecting means for re-injecting a part of an output light from the semi-conductor laser to the semi-conductor laser in such a level that a coherence decay occurs in the laser and a light intensity modulating means for modulating intensity in the output light of the semi-conductor laser through the use of a data signal to be transmitted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-111493

(P 2001-111493 A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001. 4. 20)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ド (参考)
H 0 4 B	10/152	H 0 1 S 5/062	5F073
	10/142	H 0 4 B 9/00	L 5K002
	10/04		M
	10/06		
H 0 1 S	5/062		
審査請求 未請求 請求項の数 2		O L	(全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-282553

(22) 出願日 平成11年10月4日 (1999. 10. 4)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 井上 恭

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本

電信電話株式会社内

(74) 代理人 100083552

弁理士 秋田 収喜

Fターム (参考) 5F073 AB25 AB29 EA13 EA27 GA24

5K002 AA02 BA05 BA21 CA16 CA21

FA01

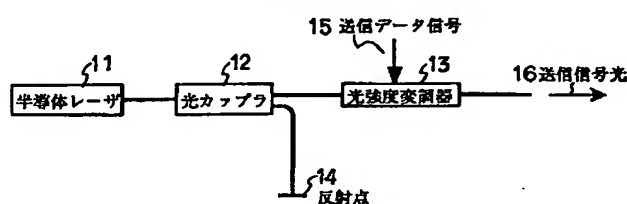
(54) 【発明の名称】 光送信器

(57) 【要約】

【課題】 光位相変調手段を備えることなく、前記の従来例の原理による信号レベル揺らぎ抑圧効果を得る。

【解決手段】 反射戻り光によるコヒーレンス崩壊現象が起こっても信号伝達特性が劣化しない程度に高い緩和振動周波数を有する半導体レーザと、前記半導体レーザからの出力光の一部を前記半導体レーザがコヒーレンス崩壊を起こすレベルで前記半導体レーザへ再注入する光再注入手段と、前記半導体レーザの出力光を送信するデータ信号で強度変調する光強度変調手段とを備えた光送信器である。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射戻り光によるコヒーレンス崩壊現象が起こっても信号伝達特性が劣化しない程度に高い緩和振動周波数を有する半導体レーザと、前記半導体レーザからの出力光の一部を前記半導体レーザがコヒーレンス崩壊を起こすレベルで前記半導体レーザへ再注入する光再注入手段と、前記半導体レーザの出力光を送信するデータ信号で強度変調する光強度変調手段とを備えたことを特徴とする光送信器。

【請求項2】 注入する電流を入力するための端子を有し、反射戻り光によるコヒーレンス崩壊現象が起こっても信号伝達特性が劣化しない程度に高い緩和振動周波数を有する半導体レーザと、前記半導体レーザからの出力光の一部を前記半導体レーザがコヒーレンス崩壊を起こすレベルで再注入する光再注入手段と、前記注入する電流を送信データ信号により変調する注入電流変調手段とを備えたことを特徴とする光送信器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信システムに用いられる光送信器に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、光通信システムにおける信号光のレベル揺らぎを引き起こす要因として、コヒーレントクロストークが知られている。光スイッチや光合波器兼用光分波器が不完全であると、所望の信号光に同じ波長の光がクロストーク光として重畳される。同一波長の光が重なり合うと、両者が干渉し、互いの位相関係により受信光パワーは強め合ったり、弱め合ったりする。一般に、光の位相は時間的に揺らいでいるので、これに応じ*

$$\begin{aligned} \text{受信光強度} &= |A_s \exp\{i(2\pi f_s t + \phi_s)\} + A_c \exp\{i(2\pi f_c t + \phi_c)\}|^2 \\ &= |A_s|^2 + |A_c|^2 + 2A_s A_c \cos\{2\pi(f_s - f_c)t + \phi_s - \phi_c\} \end{aligned}$$

と書くことができる。ここで、 A は光電場振幅、 f は光周波数、 ϕ は光位相で、添え字の s 、 c はそれぞれ主信号光、クロストーク光を表わす。第3項が干渉項で、通常は $f_s = f_c$ である。この場合、第3項は $\phi_s - \phi_c$ に応じて揺らぎ、これが受信特性劣化をもたらす。

【0007】 一方、信号光が前記のように3つの光周波数成分から成り立っていると、第3項は、 $2\Delta f$ 、 Δf 、 0 という周波数成分を有することになる。

【0008】 ここで、 Δf は送信されるデータ信号帯域より高い周波数であるとする。通常、光受信系においては、余分な雑音成分を除去するために、データ信号帯域のみを通過させる電気フィルタが用いられる。したがって、 Δf がデータ信号帯域より高い周波数であると、 $2\Delta f$ 及び Δf の周波数成分は電気フィルタで除去される。すなわち、受信特性劣化をもたらす成分の一部が除去されることになり、通常の場合に比べて劣化の程度が小さくなる。

【0009】 以上では、信号光が3つの光周波数成分か

*て受信光パワーも揺らぐことになる。これが、コヒーレントクロストークによる信号揺らぎである。

【0003】 これまで、コヒーレントクロストークによる受信信号劣化を抑える方法として、位相変調により送信光の光スペクトル幅を拡げる手法が、P.K.Pepeljugoski and K.Y.Lau, "Interferometric noise reduction in fiber-optic links by superposition of high frequency modulation," J.Lightwave Technology, vol.10, pp.957-963,1992.(文献1)の論文で提案されている。その送信器は、図8に示すように、光源1からの定常光が、送信するデータ信号2が印加された光強度変調器3により強度変調され、さらに、RF信号(f_o)4が印加された光位相変調器5により位相変調される。そして、受信器側では送られてきた信号光を直接強度検波する。これにより、強度変調されたデータ信号のみを受信する。

【0004】 位相変調は、変調側帯波により信号光の光スペクトルを拡げるために加えられている。広い光スペクトルの光源を送信光に用いると、コヒーレントクロストークによる劣化が小さくなるという効果が得られる。その理由は以下の通りである。

【0005】 例えば、信号光は f_o 、 $f_o \pm \Delta f$ という3つの光周波数成分から成り立っているものとする。これは、光スペクトルが $f_o - \Delta f$ から $f_o + \Delta f$ にわたって拡がっている場合の一例である。前述のように、コヒーレントクロストークによる劣化は、主信号光とクロストーク光の干渉による信号揺らぎから生じる。これを数1の式で表わすと、

【0006】

【数1】

ら成り立っている場合を例にとりて説明したが、一般に光スペクトルが拡がっている場合についても同様である。すなわち、信号光スペクトルがデータ信号帯域より広いと、主信号光とクロストーク光との干渉成分の一部が電気フィルタにより除去され、その結果、光スペクトルが拡がっていない場合に比べて、コヒーレントクロストークによる受信特性劣化を小さくすることができる。

【0010】 前記文献1の論文では、位相変調を加えることにより信号光の光スペクトルを拡げ、その結果としてコヒーレントクロストークによる受信特性劣化を抑える方法が提案されている。

【0011】

【発明が解決する課題】 前記の従来例では、信号光源に位相変調を加え、これにより生じる変調側帯波により光スペクトルを拡げている。この場合、受信劣化を抑えるのに十分な光スペクトル幅を得るためには、データ信号帯域より高い周波数で位相変調を加える必要がある。そのため、高速に位相変調を加える手段を備えなければ

ならず、送信器構成が複雑になるという課題があった。

【0012】本発明の目的は、光位相変調手段を備えることなく、前記の従来例の原理による信号レベル揺らぎ抑圧効果を得ることが可能な技術を提供することにある。本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

(1) 反射戻り光によるコヒーレンス崩壊現象が起こっても信号伝達特性が劣化しない程度に高い緩和振動周波数を有する半導体レーザと、前記半導体レーザからの出力光の一部を前記半導体レーザがコヒーレンス崩壊を起こすレベルで前記半導体レーザへ再注入する光再注入手段と、前記半導体レーザの出力光を送信するデータ信号で強度変調する光強度変調手段とを備えた光送信器である。

【0014】(2) 注入する電流を入力するための端子を有し、反射戻り光によるコヒーレンス崩壊現象が起こっても信号伝達特性が劣化しない程度に高い緩和振動周波数を有する半導体レーザと、前記半導体レーザからの出力光の一部を前記半導体レーザがコヒーレンス崩壊を起こすレベルで再注入する光再注入手段と、前記注入する電流を送信データ信号により変調する注入電流変調手段とを備えた光送信器である。

【0015】以下、本発明について、図面を参照して実施の形態(実施例)とともに詳細に説明する。なお、実施の形態(実施例)を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0016】

【発明の実施の形態】(実施例1)図1は、本発明による実施例1の光送信器の概略構成を示すブロック構成図であり、11は半導体レーザ、12は光カップラ、13は光強度変調器、14は反射点、15は送信データ信号、16は送信信号光である。

【0017】本実施例1の光送信器は、図1に示すように、半導体レーザ11からの出力光が光カップラ12により2分岐され、一方は送信データ信号15が印加された光強度変調器13により光強度が変調され、他方は反射点14へ導かれる構成となっている。反射点14は、例えば、光ファイバ端面に反射膜をコーティングするなどの手段により実現されている。反射点14で反射された光は、同じ経路を辿って半導体レーザ11に再入力される。ここで、再入力光の偏波状態はレーザ発振光偏波に一致しているものとする。このような設定は、光経路を偏波保持ファイバとすることにより実現可能である。

【0018】図1は、半導体レーザ11に反射戻り光が

注入されるように構成されている。ところで、半導体レーザ11にあるレベル以上の反射戻り光があると、「コヒーレンス崩壊」と呼ばれる現象が起こり、発振光の光スペクトルが広がることが知られている。図2は、本発明者が実際にコヒーレンス崩壊時の光スペクトル広がりを観測した例であり、図2(a)は反射がない場合、図2(b)は反射がある場合である。DFB-LDと呼ばれる半導体レーザ11に対し-15dBの反射光を再注入したところ、25GHzの光スペクトル広がりが観測された。

【0019】一方、コヒーレンス崩壊が起こると、光スペクトルが広がると同時にレーザ光の相対強度雑音が増加することが知られている。このため、通常、コヒーレンス崩壊は信号伝送にとって好ましくないものとされている。しかしながら、緩和振動周波数の高い半導体レーザを用いれば、反射戻り光による相対強度雑音の増加があっても、良好な信号伝送特性が得られることが、J. Wang and K. Petermann, "Noise characteristics of PCM-modulated single-mode semiconductor laser diodes with distant optical feedback," IEE Proceedings, vol. 137, Pt. J, pp. 385-390, 1990. (文献2)に記載の論文で指摘されている。なお、緩和振動周波数とは、半導体レーザに固有の一種の共鳴周波数のことである。

【0020】前記文献2の指摘を確かめるために発明者が行った実験の結果を図3に示す。この図3は、反射戻り光によりコヒーレンス崩壊状態にあるレーザ光を2.5 Gbit/s 疑似ランダム信号で外部変調し、そのビット誤り率を測定した結果である。半導体レーザへの注入電流を変えて測定を行っている。半導体レーザの緩和振動周波数は注入電流に依存することが知られている。注入電流が高いほど緩和振動周波数は高い。すなわち、注入電流を変えて測定することは、緩和振動周波数を変えて測定することと等価である。

【0021】図3(受信光パワー対ビット誤り率特性図)をみると、低い注入電流ではビット誤り率特性が大きく劣化するが、注入電流が高い(すなわち、緩和振動周波数が高い)と劣化の無い誤り率特性が得られることがわかる。この結果は、緩和振動周波数が高い半導体レーザを用いれば、コヒーレンス崩壊状態であっても良好な信号伝送特性が得られることを示している。ちなみに、実験で用いた半導体レーザの注入電流60mA時の緩和振動周波数は7GHzであった。以上の特性は、コヒーレンス崩壊による相対強度雑音の増加は、緩和振動周波数近傍で大きく起こることから生じる。

【0022】図3を測定した状態(注入電流=51mA及び60mA)でのレーザ光強度の雑音スペクトルを図4に示す。雑音スペクトルはある周波数でピークを持つ形状をしているが、このピーク周波数は緩和振動周波数に対応している。すなわち、相対強度雑音の増加は緩和振動周波数を中心として起こっていることがわかる。し

たがって、緩和振動周波数が高いと雑音パワーは高い周波数に集中し、その結果、データ信号帯域内（前記実験では 2 GHz 以下）の雑音は信号伝達特性を劣化させない程度に小さくなる。

【0023】 前述した結果を利用すると、コヒーレンス崩壊における光スペクトル拡がりをコヒーレントクロストークによる受信特性劣化の抑圧に適用することができる。すなわち、コヒーレンス崩壊が起こっても信号伝達特性が劣化しない程度に高い緩和振動周波数を有する半導体レーザを用意し、これに対し反射戻り光を与えてコヒーレンス崩壊を起こさせる。そして、このレーザ光を光源として光送信器を構成する（図 1）。これから出力される信号光は広い光スペクトル拡がりを有しているので、従来技術の項で述べた原理により、コヒーレントクロストークによる受信特性劣化を抑えることができる。

【0024】 なお、半導体レーザの緩和振動周波数は、注入電流、微分利得係数、キャリア寿命時間、共振器長、などによって決まる。これらのパラメータを工夫することにより、高い緩和振動周波数を得ることが可能である。

【0025】（実施例 2）前記実施例 1 では、光強度変調器により信号光強度を変調したが、本実施例 2 は、図 5 に示すように、半導体レーザ 11 への注入電流を直接変調する構成としたものである。図 5 において、17 はバイアス電流、18 はインダクタンス、19 はコンデンサであり、インダクタンス 18 とコンデンサ 19 で電気フィルタを構成している。

【0026】（実施例 3）前記実施例 1 では、半導体レーザ 11 の 1 つの端面からの出力光を 2 分岐し、一方を信号伝送用、他方を反射戻り光用としたが、本実施例 3 は、図 6 に示すように、一方の端面からの出力光を信号伝送用、反対側端面からの出力光を反射戻り光用とする構成としたものである。

【0027】（実施例 4）前記実施例 3 では、光強度変調器 13 により信号光強度を変調したが、本実施例 4 は、図 7 に示すように、半導体レーザ 11 への注入電流

を直接変調する構成としたものである。

【0028】 以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変更し得ることは勿論である。

【0029】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば、従来技術のように位相変調手段を備えることなく信号光の光スペクトルを拡げることができ、簡便な構成でコヒーレントクロストークによる受信特性劣化を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による実施例 1 の光送信器の概略構成を示すブロック構成図である。

【図 2】 実際にコヒーレンス崩壊時の光スペクトル拡がりを観測した例を示す図である。

【図 3】 光送信器の受信光パワー対ビット誤り率特性を示す図である。

【図 4】 文献 2 の指摘を確かめるために発明者が行った実験の結果を示す図である。

【図 5】 本発明による実施例 2 の光送信器の概略構成を示すブロック構成図である。

【図 6】 本発明による実施例 3 の光送信器の概略構成を示すブロック構成図である。

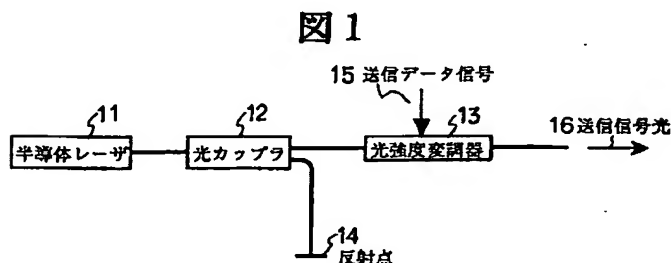
【図 7】 本発明による実施例 4 の光送信器の概略構成を示すブロック構成図である。

【図 8】 従来の光送信器の概略構成を示すブロック構成図である。

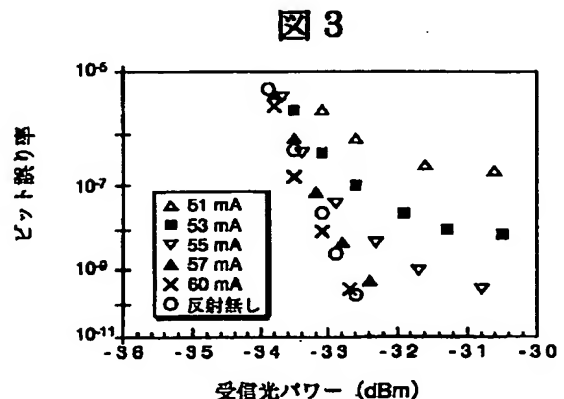
【符号の説明】

1…光源、2…光強度変調器、3…光位相変調器、4…RF 信号 (f_p)、5…送信データ信号、11…半導体レーザ、12…光カップラ、13…光強度変調器、14…反射点、15…送信データ信号、16…送信信号光、17…バイアス電流、18…インダクタンス、19…コンデンサ。

【図 1】

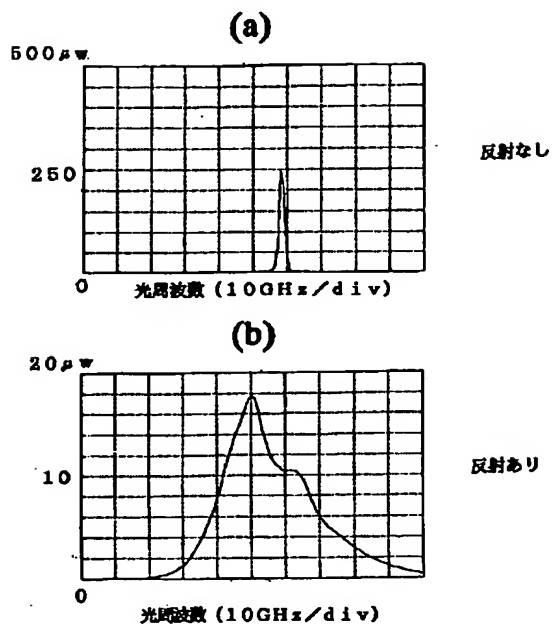


【図 3】



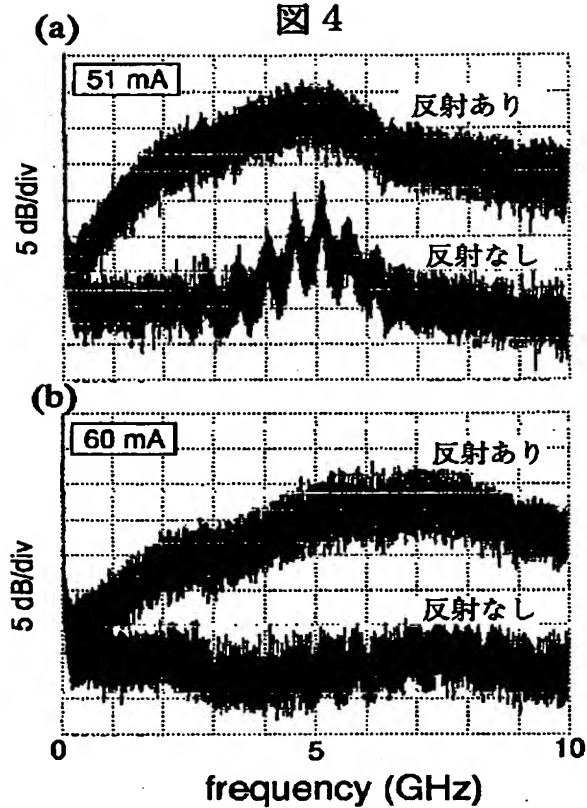
【図2】

図2



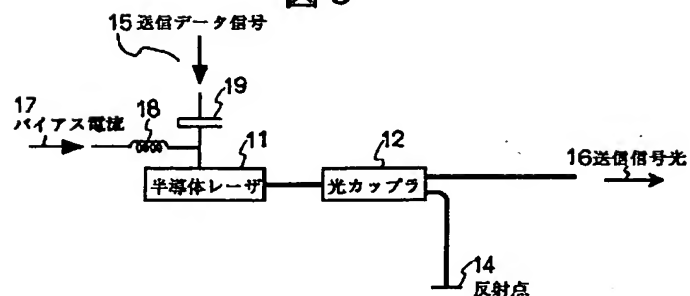
【図4】

図4



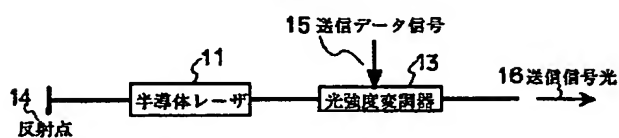
【図5】

図5



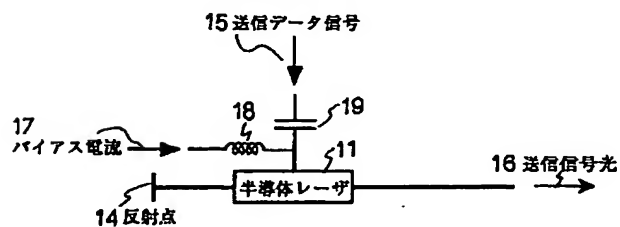
【図6】

図6



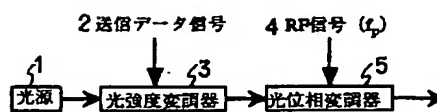
【図7】

図7



【図8】

図8



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ド (参考)

H 0 4 B 10/02

10/18